

## АНАЛИЗ ОТЛИЧИЙ В ВОСПРИЯТИИ ОБЪЕКТОВ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ И РЕЗУЛЬТАТОВ ВИДЕО- И КИНОСЪЕМКИ

*Е.Г.Зайцева, В.В. Никитин*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

### ВВЕДЕНИЕ

При рассматривании объектов в окружающем пространстве воспринимать глубину изображения человеку помогают три основных механизма – аккомодация (фокусировка глаза на определенное расстояние), конвергенция (поворот оптических осей глаз до пересечения на рассматриваемой точке) и диспаратность (несимметричность оптических изображений объекта на сетчатках левого и правого глаз). При изменении точки зрения содержание изображений объекта на сетчатках изменяется, он воспринимается в новом ракурсе. Когда зритель рассматривает воспроизведенное на плоском экране изображение, конвергенция и аккомодация осуществляется на плоскость экрана, при изменении точки зрения эффект диспаратности не действует. Поэтому восприятие объемности изображения достигается за счет вторичных эффектов: изменения увеличения по глубине пространства, заслонения дальних объектов близкими, воздушной дымки и т.д.

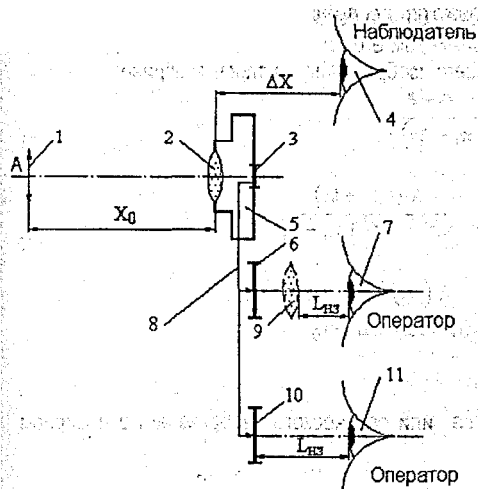
Кроме нарушения восприятия объемности, используемые в настоящее время методы записи и воспроизведения изображений приводят к изменению воспринимаемых зрителем размеров изображения и скоростей перемещения изображений вдоль оптической оси по сравнению с этими параметрами для реальных объектов. Если материал снят для художественных целей, это вполне допустимо, даже иногда желательно для создания определенных эффектов. Если же запись зрительной информации осуществляется для исследовательских целей, такие искажения могут привести к ошибкам в анализе, их необходимо учитывать и по возможности компенсировать.

### 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЙ МЕЖДУ РАЗМЕРАМИ ОБЪЕКТА И ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯМИ

В работах [1,2] приведены зависимости масштаба съемки от дистанции, качественно проанализированы искажения, возникающие при съемке объектов, движущихся вдоль оптической оси объектива, рассмотрено влияние условий рассматривания на восприятие движения в кадре. В настоящей статье приведен количественный анализ искажений, вносимых системой записи и воспроизведения информации, по параметрам «размер объекта» и «скорость движения объекта вдоль оптической оси».

Проанализируем восприятие объекта или его изображения на трех стадиях: наблюдателем, находящимся на определенном расстоянии от съемочной камеры сзади нее, оператором, наблюдающим объект на видоискателе камеры, и зрителем, расположенным на определенном расстоянии от экрана.

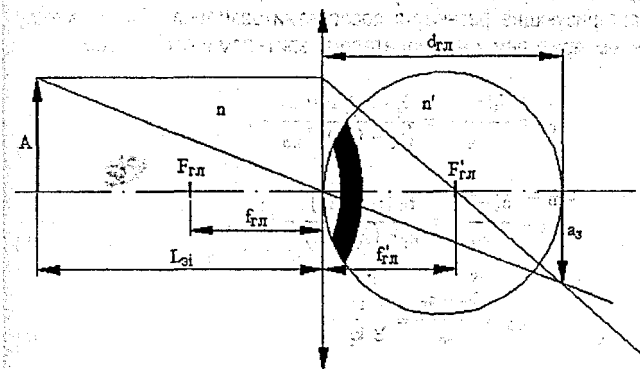
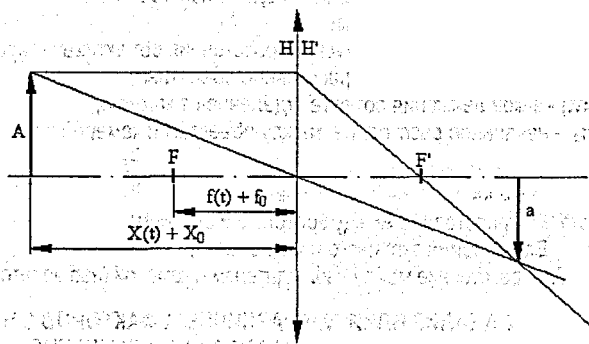
На рисунке 1 показана схема размещения объекта, объектива камеры, оператора и наблюдателя, на рисунках 2 и 3 – геометрические схемы построения изображения на носителе информации в камере и на сетчатке глаза.



- 1 – объект съемки,  
 2 – объектив кино- или видеокамеры,  
 3 – светочувствительная матрица или киноплёнка, 4 – глаз наблюдателя,  
 5 – кино- или видеокамера,  
 6 – плоскость оптического изображения в визирном устройстве,  
 7 – глаз оператора, 8 – электронный или оптический канал передачи изображения в визирное устройство для оператора,  
 9 – лупа визирного устройства,  
 10 – дисплей, 11 – глаз оператора.

**Рисунок 1. Схема размещения аппаратуры, наблюдателя и оператора относительно объекта**

**Рисунок 2. Схема для установления зависимости между размером объекта  $A$  и его изображением  $a$  на киноплёнке или матрице**



**Рисунок 3. Схема для установления зависимости между размером объекта  $A$  и его изображением  $a_z$  на сетчатке глаза зрителя**

В соответствии с законами геометрической оптики были получены уравнения (1, 2, 3), связывающие размер объекта съемки с размером его на сетчатке глаз наблюдателя  $a_n$ , оператора  $a_o$  и зрителя  $a_z$ , рассматривающего изображение на плоском экране.

$$a_n = \frac{d_{гг} \cdot A}{(x_0 + \Delta x) \cdot n_1} \quad (1)$$

$$a_o = \frac{d_{гг} \cdot B}{L_{нз} \cdot b \cdot n_1} \cdot \frac{A \cdot (f(t) + f_0)}{x(t) - f(t) + x_0 - f_0} \quad (2)$$

$$a_z = \frac{d_{гг}}{k_1 \cdot b \cdot n_1} \cdot \frac{A \cdot (f(t) + f_0)}{x(t) - f(t) + x_0 - f_0} \quad (3)$$

где

$d_{гг}$  - диаметр глазного яблока;

$B$  - ширина дисплея визирного устройства или оптического изображения в визирном устройстве;

$L_{нз}$  - расстояние наилучшего зрения;

$b$  - ширина изображения на киноплёнке или светочувствительной матрице;

$n_1$  - показатель преломления среды глазного яблока;

$A$  - размер объекта съемки;

$f(t)$  - закон изменения фокусного расстояния объектива во времени;

$f_0$  - начальное фокусное расстояние объектива;

$x(t)$  - закон движения объекта (удаление от камеры);

$x_0$  - начальное расстояние между объектом и камерой;

$$k_1 = \frac{L_1}{B_z}$$

где  $L_1$  - расстояние между зрителем и экраном;

$B_z$  - ширина экранного изображения;

$\Delta x$  - расстояние между наблюдателем и камерой (наблюдатель находится сзади камеры).

## 2 АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ СЪЕМКИ НА ОШИБКИ РАЗМЕРА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Из полученных в разделе 1 выражений (1-3) возможно рассчитать относительные ошибки  $\epsilon_{он}$ ,  $\epsilon_{зн}$ ,  $\epsilon_{зо}$ , характеризующие разницу в восприятии размеров объекта между оператором и наблюдателем, зрителем и наблюдателем, зрителем и оператором:

$$\epsilon_{он} = \frac{a_o - a_n}{a_n} = \frac{f_0 \cdot (x_0 + \Delta x) \cdot B}{(x_0 - f_0) \cdot b \cdot L_{нз}} - 1 \quad (4)$$

$$\epsilon_{зн} = \frac{a_z - a_n}{a_n} = \frac{f_0 \cdot (x_0 + \Delta x)}{k_1 \cdot b \cdot (x_0 - f_0)} - 1 \quad (5)$$

$$\epsilon_{зо} = \frac{a_z - a_o}{a_o} = \frac{L_{нз}}{B \cdot k_1} - 1 \quad (6)$$

Ошибки первой группы  $\epsilon_{он}$  (4) характеризуют искажения, вносимые объективом. Ошибки второй группы  $\epsilon_{зн}$  (5) важны при съемках для научных целей, так как показыва- ют, насколько изменяется размер и осевая скорость объекта при восприятии на экране относительно восприятия в реальных условиях. Ошибки третьей группы  $\epsilon_{зо}$  (6) интерес- ны при художественной съемке: они характеризуют искажения, обусловленные разницей в условиях наблюдения для оператора, реализующего свой художественный замысел, и зрителя, воспринимающего результат творчества оператора.

## 2.1 Анализ ошибки в размерах изображения для системы «оператор-наблюдатель»

На основании исследования ошибки  $\epsilon_{он}$  в размерах изображения для системы «опе- ратор-наблюдатель» очевидно, что ошибка прямо пропорциональна ширине  $B$  дисплея визирного устройства или оптического изображения в визирном устройстве и обратно пропорциональна ширине изображения  $b$  на киноплёнке или светочувствительной мат- рице. С удалением наблюдателя от камеры  $\Delta x$  ошибка увеличивается линейно. Зависи- мость ошибки от фокусного расстояния объектива  $f_0$  и начального расстояния объекта от камеры  $x_0$  носит более сложный характер. С увеличением  $x_0$  ошибка стремится к по- стоянному значению, которое пропорционально фокусному расстоянию и обратно про- порционально размеру дисплея. На рисунках 4 и 5 в качестве примера показана зависи- мость ошибки размера в системе «оператор-наблюдатель» от фокусного расстояния для цифровой камеры Sony DSR-PD 170P при удалении объекта от камеры на 1 м, на- блюдатель рядом с камерой (рисунок 4) и для удаления объекта от камеры на 5 м, на- блюдатель удален от камеры в противоположную от объекта сторону на 5 м (рисунок 5).

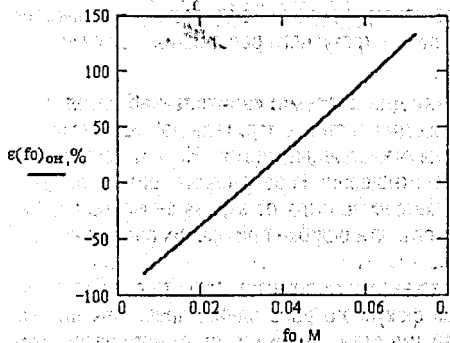
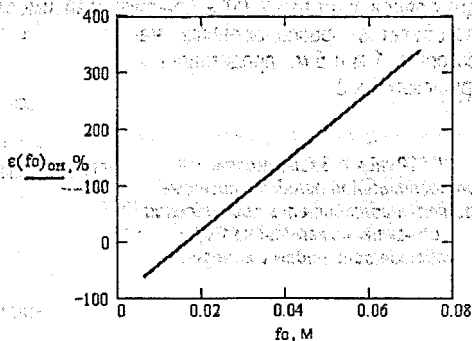


Рисунок 4. Зависимость относительной ошибки в системе «оператор-наблюдатель» при удалении объекта от камеры на 1 м, наблюдатель рядом с камерой

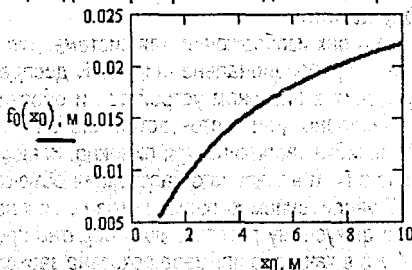
Рисунок 5. Зависимость относительной ошибки в системе «оператор-наблюдатель» при удалении объекта от камеры на 5 м, наблюдатель удален от камеры в противоположную сторону на 5 м



Из графиков видно, что зависимость ошибки от фокусного расстояния в указанных пределах близка к линейной.

Приняв ошибку (5) равной нулю, можно получить зависимость фокусного расстояния от других параметров видеосъемки, когда равны размеры изображений для оператора и наблюдателя.

Ее характер будет разным для различных типов камер, так как определяется и параметрами камеры (размерами матрицы и дисплея). На рисунке 6 графически представлена зависимость фокусного расстояния от расстояния до объекта для видеокамеры Sony DSR-PD 170P, когда оператор и наблюдатель воспринимают изображение одинакового размера.



*Рисунок 6. Зависимость фокусного расстояния от расстояния до объекта для видеокамеры Sony DSR-PD 170P, когда ошибка в восприятии размеров для наблюдателя и оператора отсутствует*

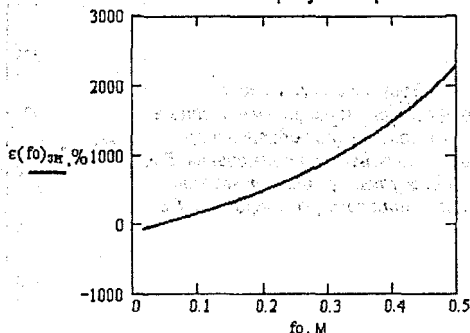
При изменении фокусного расстояния по указанному закону оператор и наблюдатель будут воспринимать изменение размеров движущегося объекта одинаково. Из графика видно, что с удалением объекта для сохранения нулевой ошибки требуется все меньшее изменение фокусного расстояния. Зависимости, аналогичные представленной на рисунке 6, могут использоваться в процессе конструирования видеотехники в качестве основы для программирования законов изменения фокусного расстояния в зависимости от характера перемещения объекта.

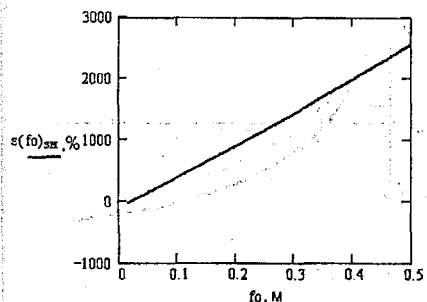
## 2.2 Анализ ошибки в размерах изображения для системы «зритель-наблюдатель»

Анализ ошибки (5) в размерах изображения для системы «зритель-наблюдатель» показывает, что характер зависимости аналогичен предыдущему. Новым аргументом функции взамен ширины дисплея  $B$  является отношение  $K$  расстояния зрителя до экрана к ширине экранного изображения. С удалением зрителя от экрана значение ошибки уменьшается, с увеличением расстояния до объекта ошибка при прочих постоянных параметрах стремится к постоянному значению.

Расчет для пленочной кинокамеры «Конвас-автомат» показал, что эта ошибка положительна, нелинейно растет с увеличением фокусного расстояния, превышая для передних рядов зрителей 2000%. Графики зависимостей ошибки от фокусного расстояния для объектов, расположенных на расстояниях 1 м и 5 м, представлены на рисунках 7 и 8.

*Рисунок 7. Зависимость относительной ошибки в системе «зритель-наблюдатель» при удалении объекта от камеры на 1 м, наблюдатель рядом с камерой*

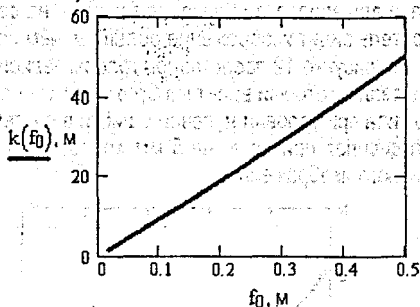




**Рисунок 8.** Зависимость относительной ошибки в системе «зритель-наблюдатель» при удалении объекта от камеры на 5 м, наблюдатель удален от камеры в противоположную сторону на 5 м

На рисунке 9 представлена зависимость местоположения зрителя от фокусного расстояния объектива камеры «Конвас-автомат», когда ошибка размера в системе «зритель-наблюдатель» равна нулю (расстояние до объекта и удаление наблюдателя от камеры в противоположную сторону составляют 5 м).

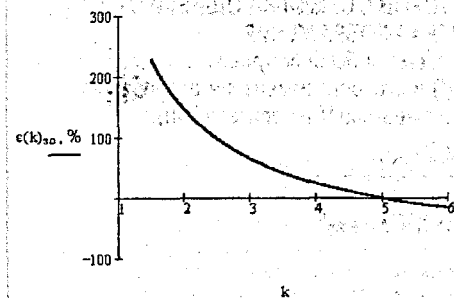
**Рисунок 9.** Зависимость относительного положения зрителя в кинозале от фокусного расстояния кинокамеры «Конвас-автомат», когда ошибка в восприятии размеров для наблюдателя и зрителя отсутствует, при удалении объекта от камеры на 5 м, наблюдатель удален от камеры в противоположную сторону на 5 м



Анализ графика показывает, что в условиях обычной геометрии зала (длина не более шести ширин экрана) ошибку можно компенсировать только для короткофокусных объективов.

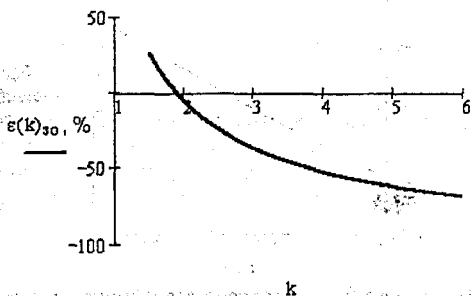
### 2.3 Анализ ошибки в размерах изображения для системы «зритель-оператор»

Ошибка (6) размера изображения в системе «зритель-оператор» определяется удаленностью зрителя от экрана для заданных расстояния наилучшего зрения (нами было выбрано 0,25 м) и ширины дисплея камеры. Увеличение расстояния между зрителем и экраном уменьшает ошибку. На рисунках 10, 11 приведены графики зависимостей ошибки от отношения  $k$  расстояния зрителя до экрана к ширине экранного изображения для В цифровой видеокамеры Sony DSR-PD 170P и аппарата «Конвас-автомат».



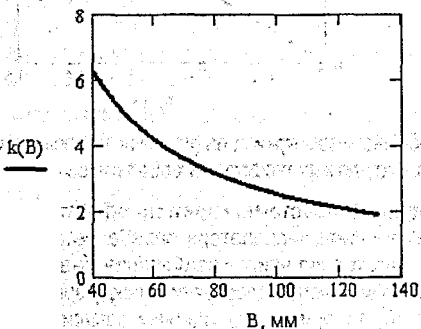
**Рисунок 10.** Зависимость относительной ошибки размера изображения в системе «зритель-оператор» для видеокамеры Sony DSR-PD 170P от относительного положения зрителя в помещении

**Рисунок 11.** Зависимость относительной ошибки размера изображения в системе «зритель-оператор» для кинокамеры «Конвас-автомат» от относительного положения зрителя в помещении



Из формулы (6) для расчета этой ошибки видно, что идентичность восприятия размеров оператором и зрителем зависит от размеров  $B$  наблюдаемого оператором изображения. Для цифровой камеры, как показал расчет, зритель, воспринимающий изображение как оператор, находится примерно на пятикратном удалении от экрана, а для аппарата «Конвас-автомат» - на двукратном. В первых рядах зрительного зала зритель видит изображение большим, чем оператор, в задних - меньшим.

На рисунке 12 представлен график зависимости относительного положения зрителя в кинозале, который видит изображение как оператор, от ширины дисплея камеры любого типа при условии нулевой ошибки в системе «зритель-оператор». Увеличение размера дисплея примерно на 5 мм «подвигает» зрителя к экрану на половину ширины экранного изображения.



**Рисунок 12.** Зависимость относительного положения зрителя в кинозале от ширины дисплея камеры любого типа при условии нулевой ошибки размера

### 3. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ СЪЕМКИ НА ОШИБКИ СКОРОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Дифференцированием формул (1-3) по времени были получены соотношения, связавшие скорость перемещения объекта  $V_0(t)$  и скорости изменения размера изображения объекта на сетчатке наблюдателя  $V_H(t)$ , оператора  $V_0(t)$ , зрителя  $V_3(t)$ :

$$V_H(t) = \frac{A \cdot d_{гд} \cdot V_0(t)}{n_1 \cdot \left[ \int_0^t V_0(t) dt + \Delta x + x_0 \right]^2} \quad (7)$$

$$V_0 = \frac{A \cdot d_{\text{пл}} \cdot B}{L_{\text{мз}} \cdot b \cdot n_1} \frac{V_f(t) \cdot \left[ \int_0^t V_0(t) dt + x_0 \right] - V_0(t) \cdot \left[ \int_0^t V_f(t) dt + f_0 \right]}{\left[ \int_0^t V_0(t) dt - \int_0^t V_f(t) dt + x_0 - f_0 \right]^2} \quad (8)$$

$$V_3(t) = \frac{A \cdot d_{\text{пл}}}{k_1 \cdot b \cdot n_1} \frac{V_f(t) \cdot \left[ \int_0^t V_0(t) dt + x_0 \right] - V_0(t) \cdot \left[ \int_0^t V_f(t) dt + f_0 \right]}{\left[ \int_0^t V_0(t) dt - \int_0^t V_f(t) dt + x_0 - f_0 \right]^2} \quad (9)$$

где

$V_f(t)$  - скорость изменения фокусного расстояния объектива;

$t$  - время от начала движения объекта и изменения фокусного расстояния;

**Примечание** - Прочие обозначения совпадают с использованными в формулах (1-3). Значения скоростей отрицательны, т. к. при удалении объекта его размеры на матрице или пленке и сетчатке глаза уменьшаются.

Относительные ошибки восприятия осевой скорости движения объекта были найдены по формулам, аналогичным для ошибок в размерах:

$$\varepsilon_{0\text{н}}(t) = \frac{V_0(t) - V_{\text{н}}(t)}{V_{\text{н}}(t)} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{3\text{н}}(t) = \frac{V_3(t) - V_{\text{н}}(t)}{V_{\text{н}}(t)} \quad (11)$$

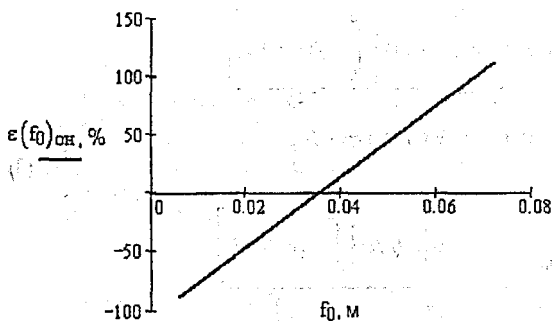
$$\varepsilon_{30}(t) = \frac{V_3(t) - V_0(t)}{V_0(t)} \quad (12)$$

где  $\varepsilon_{0\text{н}}(t)$ ,  $\varepsilon_{3\text{н}}(t)$ ,  $\varepsilon_{30}(t)$  - относительные ошибки в скорости изменения размеров изображения на сетчатке соответственно между оператором и наблюдателем, зрителем и наблюдателем, зрителем и оператором, если объект удаляется от камеры вдоль оптической оси объектива.

### 3.1 Анализ ошибки скорости изменения размера изображения в системе «оператор-наблюдатель»

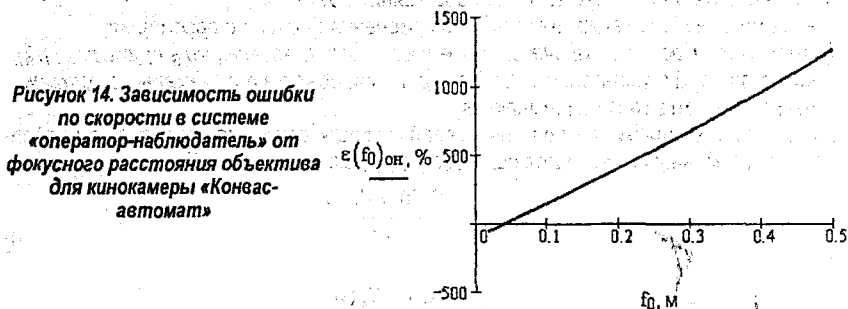
Ошибка (10) в системе «оператор-наблюдатель» пропорциональна ширине дисплея камеры, обратно пропорциональна расстоянию наблюдения для оператора и ширине матрицы. С увеличением фокусного расстояния объектива абсолютная величина ошибки растет. На рисунке 13 представлена зависимость этой ошибки от начального фокусного расстояния объектива для видеокамеры Sony DSR-PD 170P через 5 секунд после начала движения объекта и изменения фокусного расстояния (начальное положение объекта - 1 м от камеры, скорость объекта - 1,39 м/с, соответствует движению пешехода, скорость фокусировки объектива - 0,003 м/с, наблюдатель находится рядом с камерой).





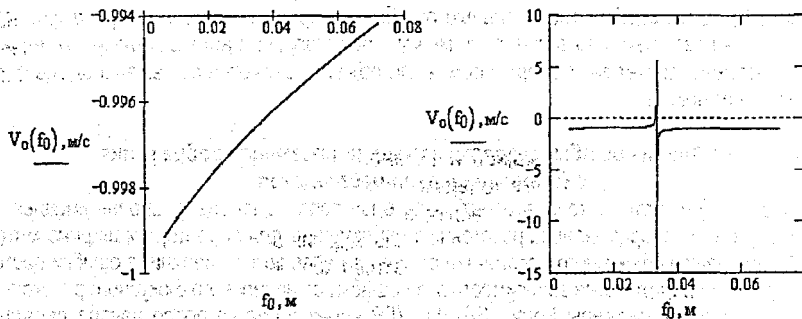
**Рисунок 13.** Зависимость ошибки по скорости в системе «оператор-наблюдатель» от начального фокусного расстояния объектива для видеокамеры Sony DSR-PD 170P

На рисунке 14 представлена аналогичная зависимость для кинокамеры «Конвас-автомат» (изменение фокусного расстояния отсутствует, остальные исходные данные по времени, расположению и скорости такие же, как для графика на рисунке 13).

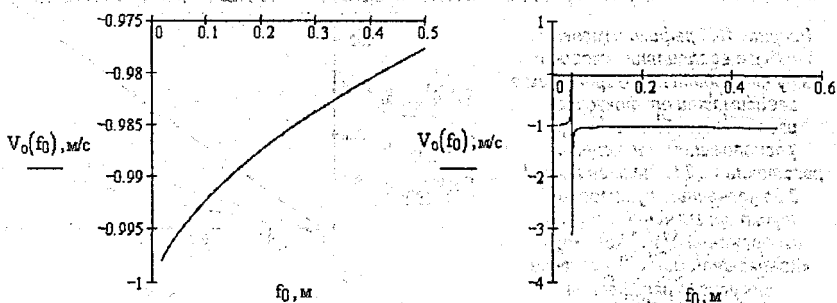


**Рисунок 14.** Зависимость ошибки по скорости в системе «оператор-наблюдатель» от фокусного расстояния объектива для кинокамеры «Конвас-автомат»

На рисунках 15, 16 представлены графики зависимостей, связывающих скорость объекта и фокусное расстояние объектива при условии равенства нулю ошибки в восприятии скорости между наблюдателем и оператором для цифровой камеры Sony DSR-PD 170P и кинокамеры «Конвас-автомат» (объект в начале движения находился на расстоянии 5 м от камеры, прошло 5 с с начала его удаления от камеры).



**Рисунок 15.** Графики зависимостей, связывающих скорость объекта и фокусное расстояние объектива при условии равенства нулю ошибки в восприятии скорости между оператором и наблюдателем для цифровой камеры Sony DSR-PD 170P, глаз оператора удален от дисплея камеры на 0,25м

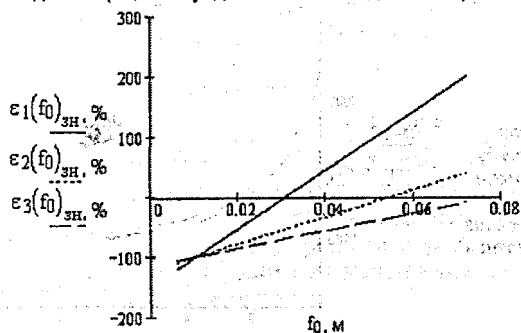


**Рисунок 16. Графики зависимостей, связывающих скорость объекта и фокусное расстояние объектива при условии равенства нулю ошибки в восприятии скорости между оператором и наблюдателем для цифровой камеры кинокамеры «Конавас-автомат»**

Поскольку уравнение имеет 2 корня, каждому фокусному расстоянию соответствует 2 значения скорости, которые в виде графиков представлены в левой и правой частях рисунков. При значении фокусного расстояния  $f_0$ , равном  $L_{\text{об}}b/B$  (обозначения соответствуют формулам (1-3)), оптимальное значение скорости отсутствует, т.к. знаменатель корней равен нулю и имеет место точка разрыва. Значения скоростей отрицательны, что означает направленность движения объекта в сторону камеры. Абсолютные значения скоростей при любом фокусном расстоянии, кроме области разрыва графика, меньше средней скорости движения пешехода.

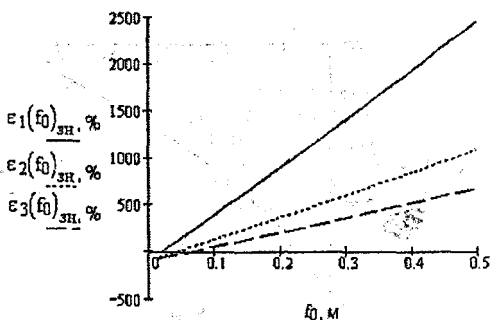
### Анализ ошибки скорости изменения размера изображения в системе «зритель-наблюдатель»

Анализ выражения (11) для ошибки скорости в системе «зритель-наблюдатель» показывает, что при постоянном значении фокусного расстояния ошибка пропорциональна фокусному расстоянию и обратно пропорциональна ширине матрицы или пленки и относительной удаленности зрителя от экрана. В качестве примера на рисунках 17 и 18 представлены графики изменения ошибки в восприятии скорости между наблюдателем и зрителем в зависимости от фокусного расстояния объектива для зрителей, расположенных на расстояниях 1,5, 3,25 и 5 значений ширины изображения (объект вначале находился в 5 м от камеры и движется со скоростью 2,78 м/с, наблюдатель находится в 5 м позади камеры, 5 секунд после начала движения).



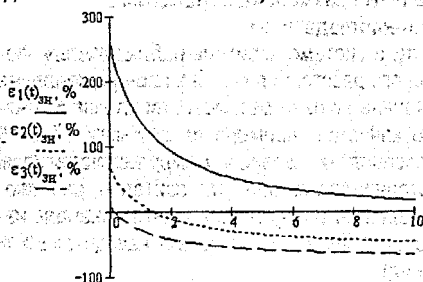
**Рисунок 17. Графики изменения ошибки в восприятии скорости между наблюдателем и зрителем в зависимости от фокусного расстояния объектива при расположении зрителей на расстоянии 1,5 (сплошная линия), 3,25 (точечный пунктир) и 5 (пунктир) значений ширины изображения для видеокамеры Sony DSR-PD 170P, скорость увеличения фокусного расстояния 0,00569 м/с**

**Рисунок 18.** Графики изменения ошибки в восприятии скорости между наблюдателем и зрителем в зависимости от фокусного расстояния объектива при расположении зрителей на расстоянии 1,5 (сплошная линия), 3,25 (точечный пунктир) и 5 (пунктир) значений ширины изображения для кинокамеры «Конвас-автомат», изменение фокусного расстояния отсутствует



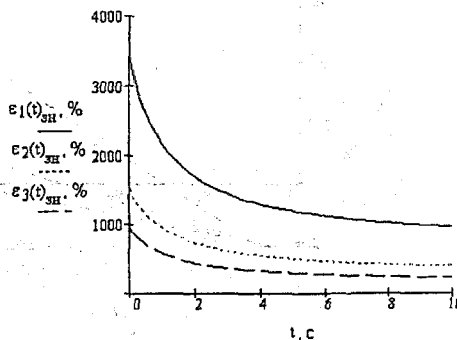
Из графика на рисунке 17 видно, что для фокусных расстояний объективов, обычно применяемых в цифровой видеокамере, относительная ошибка отрицательна. Это означает, что скорость изменения изображения на сетчатке зрителя по абсолютной величине меньше, чем на сетчатке наблюдателя, т.е. для зрителя объект движется медленнее, чем для наблюдателя. Влияние фокусного расстояния на эту ошибку наиболее чувствительно для близко расположенных зрителей. При съемке с использованием кинокамеры (рисунок 18) ошибка оказывается положительной для основного диапазона фокусных расстояний, и зритель воспринимает объекты движущимися быстрее, чем наблюдатель.

На рисунках 19 и 20 графически представлена зависимость ошибки скорости от времени движения объекта для тех же вариантов расположения зрителей (начальное расстояние между камерой и объектом 5 м, наблюдатель в 5 м позади камеры, скорость движения объекта 2,78 м/с).



**Рисунок 19.** Графики зависимости ошибки в восприятии скорости между наблюдателем и зрителем от времени движения объекта для видеокамеры Sony DSR-PD 170P, начальное фокусное расстояние 0,039 м, скорость увеличения фокусного расстояния 0,00569 м/с

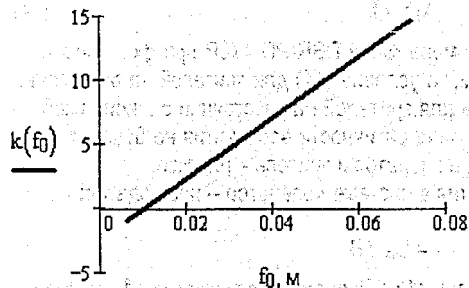
**Рисунок 20.** Графики зависимости ошибки в восприятии скорости между наблюдателем и зрителем от времени движения объекта для кинокамеры «Конвас-автомат», фокусное расстояние 0,258 м, изменение фокусного расстояния отсутствует



**Примечание** - Обозначение расположения зрителей на рисунках 19 и 20 соответствует приведенному на рисунках 17 и 18.

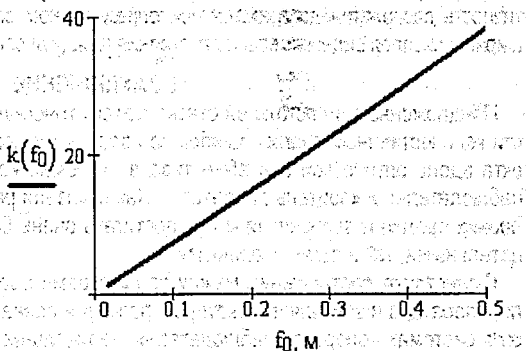
Из графиков следует, что с удалением объекта от камеры ошибка уменьшается и асимптотически приближается к постоянному значению.

Приравниванием к нулю относительной ошибки по скорости в системе «зритель-наблюдатель» была установлена связь между оптимальным по восприятию скорости расположением зрителя относительно изображения и фокусным расстоянием. Эта зависимость приведена на рисунках 21, 22 для скорости объекта 2,78 м/с, начального расстояния объекта от камеры 5м, наблюдатель находился сзади камеры на расстоянии 5м, прошло 5с с начала движения.



**Рисунок 21.** График зависимости расположения зрителя относительно изображения от фокусного расстояния при отсутствии ошибки по скорости в системе «зритель-наблюдатель» для видеокамеры Sony DSR-PD 170P, скорость изменения фокусного расстояния 5,69 м/с

**Рисунок 22.** График зависимости расположения зрителя относительно изображения от фокусного расстояния при отсутствии ошибки по скорости в системе «зритель-наблюдатель» для кинокамеры «Конвас-автомат»



Графики свидетельствуют, что для сохранения правильного восприятия скорости при обычных значениях фокусного расстояния зритель должен располагаться очень близко к экрану, особенно в случае использования кинокамеры.

### 3.3 Анализ ошибки скорости изменения размера изображения в системе «зритель-оператор»

Анализ выражения (12) для ошибки скорости в системе «зритель-оператор» показывает, что эта ошибка идентична рассмотренной ранее в разделе 2.3 ошибке (б) размера изображения в этой же системе.

#### 4 УСЛОВИЯ ОТСУТСТВИЯ ОШИБОК ПО ВОСПРИЯТИЮ КАК РАЗМЕРА, ТАК И СКОРОСТИ ОБЪЕКТА

Для практического применения важно определить условия, при которых одновременно отсутствуют ошибки между объектом и изображением по восприятию как размера, так и осевой скорости. Если наблюдатель расположен рядом с камерой, и изменения фокусного расстояния при съемке не происходит, то для системы «оператор-наблюдатель» это условие описывается уравнением:

$$b L_{\text{из}} = f_0 B, \quad (13)$$

а для системы «зритель-наблюдатель» уравнением:

$$k_1 b = f_0 \quad (14)$$

Условие (13) соблюдается для видеокамеры Sony DSR-PD 170P при фокусном расстоянии, равном соответственно 33,27 мм, а условие (14) для зрителей на расстоянии 1,5 ширины изображения - при 10,14 мм и для зрителей на расстоянии 5 ширин изображения - при 33,8 мм. Но и при этом полной идентичности восприятия не будет, т.к. наблюдатель видит объемное изображение, а оператор и зритель - плоское.

Условие полной идентичности восприятия в системе «оператор - наблюдатель» имеет вид

$$k_1 = L_{\text{из}} / B \quad (15)$$

*Примечание* - Обозначения в формулах (13-15) соответствуют обозначениям в формулах (1-3).

График указанной зависимости приведен на рисунке 12. Формула (15) показывает, идентичность восприятия достигается при определенном соотношении расположения зрителя, ширины дисплея видеокамеры и расстояния между дисплеем и глазами оператора.

#### 5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенные в настоящей статье математические зависимости позволяют произвести количественный анализ ошибок при восприятии размеров и скорости движения объекта вдоль оптической оси объектива в системах «оператор-наблюдатель», «зритель-наблюдатель» и «зритель-оператор». Как показали расчеты, эти ошибки в реальных условиях съемки и восприятия могут достигать очень больших значений и быть как отрицательными, так и положительными.

Существуют соотношения между параметрами съемки и расположением наблюдателя, оператора и зрителя, при которых размер и осевая скорость объекта воспринимаются в системах «оператор-наблюдатель», «зритель-наблюдатель» и «зритель-оператор» одинаково. Эти соотношения можно определить для конкретных условий, используя зависимости, приведенные в настоящей статье.

#### Литература

1. Гордийчук И.Б., Снятиновская Л.Ф. Техника съемки в искусстве кинооператора. - М.: Искусство, 1983. - 303 с., ил.
2. Ершов К.Г. Киносъемочная техника. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. - 272 с., ил.